

Perancangan Konverter DC ke DC untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Panel Solar Cell Menggunakan Teknologi *Boost Converter*

Suwitno, Yusnita Rahayu, Rahyul Amri, Eddy Hamdani
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
e-mail : suwitnoanisa@gmail.com

Abstract

Efforts and strategies have been done both by the providers of electrical energy and the government to handle the increase in electricity demand. However, there has been no satisfactory result. The government has set a major policy on energy management, namely conservation and energy diversification in order to reduce dependence on non-renewable energy sources and utilize renewable energy available in areas where power plants will be built to meet the growing demand for electricity. Riau Province in addition to located in tropical climates and many of its areas are on the coast that its existence is very far for affordable network of PLN electricity, therefore the provision of solar power plant is one appropriate alternative, to meet the needs of electrical energy for the needs of the population. While the output voltage generated by solar cells is not constant, but it depends on the natural conditions that at any time vary the intensity of sunlight, so that the output voltage of the solar cell is also not constant and varies throughout the daytime. In general, commercial equipment has specification limits for $\pm 10\%$ voltage variation. Disturbances such as voltage varization, if not handled seriously can cause damage to consumer electrical equipment, in addition to the use of electrical energy, in the form of varying output voltage resulting in expensive cost. To overcome the problem of voltage variations produced solar cell can be used prototype dc to dc converter using boost converter technology, which automatically adjust the output voltage according to the desired voltage. Designing DC to DC Converters To Stabilize Solar Cell Outputs Using Boost Converter Technology has been tested for performance through the output voltage of a 100 WP solar cell panel whose values vary from 13.5 volts to 20.8 volts as a boost converter input and produce a regulated output voltage 24 volt. Based on the results of prototype testing dc to dc converter using boost converter technology that has been designed to produce a voltage regulated voltage of 24 volts direct current declared valid. The valid intent here because the output voltage is still dirange 24 volts $\pm 10\%$.

Keywords : Solar Cell, Prototype, Voltage Varization, Valid.

I. PENDAHULUAN

Provinsi Riau memiliki Luas wilayah 87.023,66km² terdiri dari pulau-pulau dan laut-laut, serta terdapat kawasan pesisir. Sumber dayanya didominasi oleh sumber alam, terutama minyak bumi, gas alam, karet, kelapa sawit dan perkebunan. Seiring dengan diberlakukannya otonomi daerah membuat berhasilnya Propinsi Riau menjadi salah satu provinsi dengan tingkat kesejahteraan penduduk yang cukup tinggi. Peningkatan tarap hidup masyarakat di Riau ini, mengakibatkan kebutuhan pemanfaat akan energy listrik meningkat tajam dengan *pertumbuhan* kebutuhan listrik pertahun mencapai 11%.

Sedangkan berdasarkan data kelistrikan rasio elektrifikasi di Propinsi Riau baru 82%, berarti masih banyak warga di Riau yang belum terakses listrik PLN dan akhir bulan Agustus tahun 2017 ini, terdapat 261 jumlah desa di Propinsi Riau belum teraliri listrik, lantaran kondisi sebagian geografis Propinsi Riau yang berupa hutan gambut, dan lokasinya sangat jauh dari jangkauan jaringan PLN, sehingga sulit untuk membangun jaringan transmisi dan tentunya membutuhkan investasi yang sangat mahal untuk melistrikan desa tersebut.

Journal of Electrical Technology, Vol. 2, No. 3, Oktober 2017

Berbagai upaya dan strategi pun sudah dilakukan baik oleh pihak penyedia energi listrik maupun pemerintah untuk menangani kenaikan kebutuhan listrik tersebut. Namun, belum ada hasil yang memuaskan. Pemerintah telah menetapkan kebijakan utama dalam pengelolaan energi yaitu konservasi dan diversifikasi energi agar dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi tak terbarukan dan memanfaatkan energi terbarukan yang tersedia di wilayah dimana pembangkit akan dibangun dalam memenuhi permintaan energi listrik yang terus meningkat.

Wilayah Propinsi Riau banyak terdapat daerah kawasan pesisir timur seperti di Bagansiapiapi, Selatpanjang, Pulau Rupat dan Bengkalis yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN. Untuk kawasan kepulauan dan pesisir yang keberadaannya sangat jauh untuk terjangkau jaringannya dari listrik PLN, oleh sebab itu penyediaan pembangkit tenaga surya merupakan salah satu alternatif tepat, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi kebutuhan penduduknya.

Potensi energi terbarukan keberadaannya sangat besar sekali atau tidak terbatas terutama di belahan bumi yang bersifat tropis seperti Propinsi Riau.

Wilayah beriklim tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5 - 4,8 KWh/m²/ hari. Teknologi sel surya mampu menghasilkan daya maksimal sebesar 1000 watt/m² pada kondisi cuaca cerah disiang hari, hal ini dikarenakan pada saat itu intensitas cahaya matahari yang sampai ke permukaan bumi saat tengah hari adalah paling besar nilainya. Apabila piranti semikonduktor dengan luasan satu m² memiliki efisiensi 12%, maka daya yang dibangkitkan oleh modul sel surya per meter kuadrat sebesar 120 watt.

Pembangkit tenaga surya sudah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Propinsi Riau terutama untuk penerangan rumah tangga dan penerangan lampu jalan seperti di lima kecamatan ; Batu Hampar, Bangko, Sinaboi, Rimba Melintang dan Tanah Putih Tanjung Melawan. Namun tegangan keluaran yang dihasilkan sel surya tidak konstan, tetapi tergantung kondisi alam yakni intensitas cahaya matahari, sehingga tegangan keluaran dari sel surya juga tidak konstan dan bervariasi sepanjang waktu siang hari.

Pada umumnya peralatan komersial mempunyai batas-batas spesifikasi untuk variasi tegangan, variasi frekuensi dan distorsi harmonisa, Gangguan seperti variasi tegangan ini, jika tidak ditangani dengan serius dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik konsumen seperti televisi bahkan computer serta menyebabkan berbagai peralatan listrik dengan rangkaian power suplai sederhana tidak dapat bekerja, bahkan dapat menyebabkan rangkaian power suplai rusak. Disamping itu pemanfaatan energi listrik berupa tegangan keluaran yang bervariasi mengakibatkan cost nya mahal.

Untuk mengatasi masalah variasi tegangan yang dihasilkan solar sel dapat digunakan prototype konverter dc to dc menggunakan teknologi *boost converter*, yang secara otomatis menyesuaikan tegangan output sesuai tegangan yang diinginkan.

II. TINJAU PUSTAKA

Salah satunya upaya yang telah dikembangkan pembangkit terbarukan di kawasan pesisir di Propinsi Riau adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS atau lebih dikenal dengan sel surya (sel fotovoltaik) akan lebih diminati karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan yang relevan dan di berbagai tempat seperti perkantoran, pabrik, perumahan, dan lampu jalan, untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan. Di antara semua jenis pembangkit tenaga listrik yang berbasis energi terbarukan, sistem sel surya mempunyai potensi yang paling menjanjikan dalam hal ketersediaan sumber energi dan material pendukung teknologinya. Selama matahari bersinar dan cahayanya sampai

ke permukaan bumi, maka kita akan selalu mempunyai sumber energi untuk sistem Solar Cell.

Hasyim Asy'ari telah melakukan pengujian output panel sel surya dengan kapasitas 100 Wattpeak, selama 6 (enam) hari, dimulai pukul 07.00-18.00 Wib tegangan keluaran diperoleh 13.50 volt sd 18.9 volt.

Achmad Shodiqin, telah pengujian tegangan output solar cell 20 WP dilakukan tiap jam mulai pukul 07.00 sd 17.00 Wita, dihasilkan tegangan keluaran 0,005 sd 5,96 volt dan setelah ditambahkan alat dilengkapi dengan pemfokus cahaya diperoleh tegangan keluaran 5,49 volt sd 6,35 volt.

Berdasarkan hasil pengamatan berupa pengukuran-pengukuran panel surya 100 WP yang telah dilaksanakan selama 5 hari dari pukul 07.00-18.00 Wib, tegangan output dihasilkan 13,5 volt sd 20.8 volt.

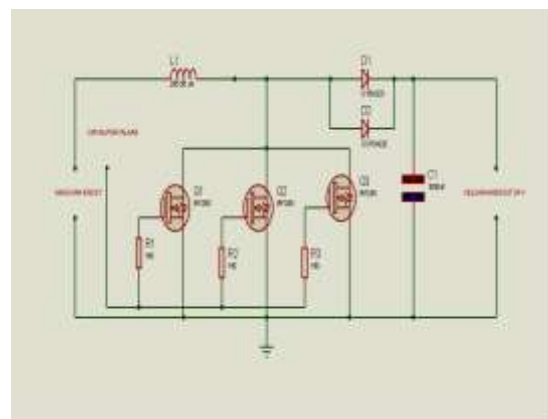
Energi listrik yang diproduksi atau dihasilkan oleh teknologi photovoltaic sangat tergantung intensitas sinar matahari. Oleh sebab itu perlu ada sebuah treatment agar tegangan yang dihasilkan tetap stabil, walaupun intensitas matahari setiap saat berubah-ubah tergantung kondisi alam. Untuk itu dibuatlah Konverter DC ke DC Untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Solar Cell Menggunakan Teknologi *Boost Converter*.

Berdasarkan data hasil pengukuran keluaran tegangan Solar Cell khususnya kapasitas 100 WP dimulai pukul 07.00 sd 18.00 WIB menghasilkan tegangan yang bervariasi antara 13.50 volt sampai dengan 20.8 volt. Oleh sebab itu penulis merancang konverter dc ke dc menggunakan teknologi boost konverter terkendali yang ditempatkan disisi keluaran peralatan Solar Cell untuk menghasilkan tegangan keluaran 24 volt $\pm 10\%$ teregulasi.

A. Perancangan Konverter Boost

Perancangan rangkaian konverter boost untuk menghitung besar komponen yang digunakan dan menentukan nilai parameter yang dibutuhkan dalam perancangan konverter boost.

Gambar 1. merupakan perancangan konverter boost dengan komponen utama induktor, kapasitor, dioda, dan MOSFET.



Gambar 1. Skema Boost Converter

Untuk merancang konverterboost ada beberapa parameter yang harus kita tentukan, yaitu daya yang akan disuplai oleh converter, tegangan keluaran, tegangan masukan converter, frekuensi switching, riak tegangan dan arus induktor yang diperkenankan, Adapun parameter perancangan converter boost yang ditentukan adalah; agar dapat menentukan besaran komponen yang digunakan.

Tegangan Input (V_{in}): 13,5 volt - 20,8 volt

Tegangan Output (V_o): 24 volt, Daya Output (P_o): 500 watt. Frekuensi Switching (F_s): 20 KHz. Ripple Tegangan: 3 %.

Adapun arus keluaran (I_o) pada converter boost adalah

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} = \frac{500 \text{ watt}}{24 \text{ volt}} = 20,833 \text{ ampere}.$$

Untuk menentukan nilai duty cycle diambil tegangan yang paling kecil yang akan diterapkan pada converter boost yaitu V_{in} sebesar 13,5 volt, sehingga nilai duty cycle adalah;

$$\text{Menentukan Duty Cycle : } D = 1 - \frac{V_{in}}{V_o}$$

$$D = 1 - \frac{13,5}{24} = 0,438$$

Menentukan nilai inductor adalah

$$I_L = \frac{I_o}{1 - D}$$

$$I_L = \frac{I_o}{1 - D} = \frac{20,83 \text{ ampere}}{1 - 0,438} = 37,06 \text{ ampere}$$

Untuk membuat operasi konverter boost mode kontinyu dan disainnya memiliki respon transien beban yang baik, maka ditentukan riak arus induktornya dipilih 3 % dari arus induktor yang dialirkan sebagai arus sumber converter boost. Ketetapan nilai riak arus yang diperkenankan mengalir pada converter boost, sehingga ditentukan nilai induktor yang harus digunakan pada converter adalah

$$L = \frac{V_{in}(V_o - V_{in})}{\Delta I_L f V_o}$$

$$L = \frac{13,5 \times (24 - 13,5)}{1,112 \times 20 \times 10^3 \times 24} = 265,56 \mu\text{H}$$

Menentukan banyak belitan induktor dengan inti udara diameter 3 inci, panjang belitan 16 inci dan induktor 265,56 μH sebagai berikut;

$$N = \sqrt{\frac{L \times (8d + 40l)}{d^2}}$$

$$N = \sqrt{\frac{L \times (8d + 40l)}{d^2}} = 139,97 \text{ lilit}$$

Untuk memenuhi nilai induktor 265,56 μH diperlukan jumlah belitan sebanyak 140 lilitan dan email ukuran 4mm².

Menentukan nilai kapasitansi kapasitor terlebih dahulu ditentukan dari riak tegangan keluaran sebesar 3%.

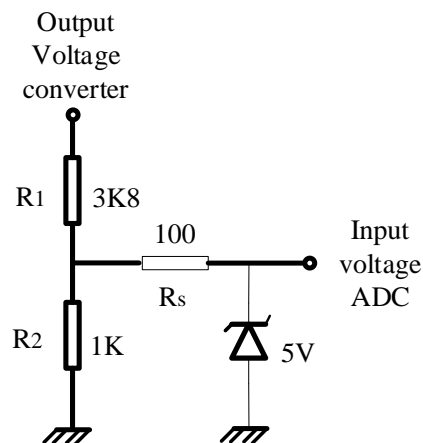
$$C = \frac{I_o(V_o - V_{in})}{f V_o \Delta V_c} = 632,86 \mu\text{F}$$

Maka dipilih nilai kapasitor yang ada dipasaran 1000 mikro Farad/50volt.

B. Rangkaian Sensor Tegangan Arus Searah

Pembaca tegangan arus searah yang digunakan adalah dengan menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembaca tegangan ditunjukkan pada Gambar 2. Besar R_1 dan R_2 disesuaikan dengan tegangan maksimum dari V_{output} yang diukur.

Kemudian disesuaikan dengan tegangan masukan maksimal dari ADC.



Gambar 2. Rangkaian Pembaca Tegangan

Pada panel sel surya mempunyai V_{out} maksimal 24 Volt, pada mikrokontroler menggunakan $V_{\text{referensi}}$ sebesar 5 Volt. Agar dapat dibaca oleh mikrokontroler telah diset input ke ADC tidak melebihi 5 Volt. Maka nilai $R_1 = 1\text{K}$ dan $R_2 = 3\text{K}8$, jika dimasukkan ke dalam persamaan adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{\text{solarsel}}$$

Sensor tegangan di buat parameter berikut :

- Tegangan keluaran boost converter (V_{out}) = 24 volt
- Arustahanan sensor (I_{sensor}) = 5 miliampere
- Keluaran sensor tegangan ($V_{in \text{ Adc}}$) = 5 volt

$$R_{\text{sensor}} = \frac{V_o}{I_{\text{sensor}}} = \frac{24\text{V}}{5 \times 10^{-3} \text{ A}} = 4,8\text{K}\Omega$$

Menentukan tahanan pembagi tegangan (R_2) adalah

$$R_2 = \frac{V_{inADC}}{I_{sensor}} = \frac{5 \text{ volt}}{0,005 \text{ ampere}} = 1 \text{ K}\Omega,$$

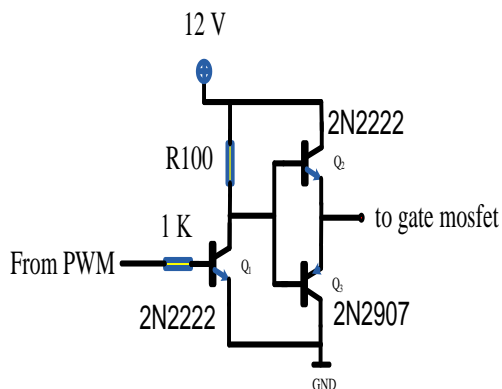
Sehingga nilai tahanan pembagi tegangan (R_1) = $R_{sensor} - R_2 = 3,8 \text{ K}\Omega$

Untuk mengatasi lebihnya tegangan keluar dari 24 volt, maka di tambahkan dioda zener 5 volt dan $R_s = 100 \text{ ohm}$.

Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi tegangan masukan dari 13,5 Volt – 20,8 Volt.

C. Rangkaian Driver Mosfet

Sinyal kontrol PWM yang dibangkitkan oleh mikrokontroler nilai tegangannya maksimum sebesar 5 volt. Untuk memperkuat sinyal output PWM dari mikrokontroler dapat digunakan sebuah rangkaian gate-driver, sehingga sinyal kontrol PWM tersebut mampu menggerakkan MOSFET. Pemilihan mosfet berdasarkan arus sumber dc-dc converter sebesar 21 ampere, maka digunakan IRF 530 dengan spesifikasi $V_{DS} = 100 \text{ volt}$, $I_D = 10 \text{ ampere}$, tegangan gate (V_{GS}) mosfet dapat bervariasi $\pm 20 \text{ volt}$ dengan arus gate (I_{GS}) sebesar 100 nanoampere, maka untuk mendriver sinyal PWM dari mikrokontroler, dengan pertimbangan arus arus gate mosfet digunakan transistor PNP 2N2222 dan komplemennya 2N2907, dimana arus kolektor-emiter $I_C = 150 \text{ mili ampere}$ dan gain $h_{FE} = 30$.



Gambar 3. Rangkaian Driver Totem Pole

Untuk dapat menggerakkan transistor 2N2222 maka nilai resistor base dengan $V_{BE(sat)} = 0,6 \text{ Volt}$ adalah

$$R_B = \frac{V_{in} - V_z}{I_C / h_{FE}} = \frac{5V - 0,6V}{150 \times 10^{-3} / 30 A} = 880 \Omega$$

Berdasarkan nilai resistor yang ada dipasaran dipilih resistor 1 kilo-ohm (1/4 W). Dan tahanan resistor kolektor ;

$$R_C = \frac{V_{cc} - V_z}{I_C} = \frac{12V - 0,4V}{150 \times 10^{-3} A} = 77,33 \Omega$$

Nilai resistor kolektor dipilih 100 ohm/2W.

Selanjutnya sinyal kontrol PWM ini diinputkan ke kaki gate MOSFET IRF530 untuk

menentukan nilai tahanan gate (RG) yang optimum.. Nilai tahanan gate yang optimum ditentukan berdasarkan nilai delay time (td) yang paling kecil pada saat kondisi turnOFF sebesar 150 ohm.

D. Boost Converter

Rangkaian *boost converter* ini menggunakan mosfet IRF530 sebagai saklar dimana mosfet mempunyai kemampuan arus *drain* 10A, sehingga dengan tiga mosfet di harapkan kemampuan arus *drain* sampai 21A. Untuk dioda digunakan U15AS20 dengan kemampuan arus maju sampai 15A, sedangkan induktor yang digunakan adalah jenis inti udara sebesar 265,56 mikrohenry. Dan kapasitansi kapasitor dipilih 1000 mf/50 volt.

E. Bahan dan Metoda

Metoda penelitian pada perancangan konverter dc ke dc teregulasi menggunakan teknologi boost konverter secara otomatis menghasilkan tegangan keluarannya konstan walaupun sumber tegangan masuk setiap saat bervariasi nilai tegangannya. Adapun bahan yang digunakan Panel solar cell 100WP, Mosfet arus Drainnya 10 ampere, Induktasi, Kapasitansi, Dioda, resistansi, dan alat ukur berupa Voltmeter, Amperemeter. Pertama-tama mendisain parameter konverter dc ke dc jenis boost seperti menentukan nilai induktansi, kapasitansi kapasitor, diode dan peralatan switching berupa Mosfet, Mendisain sensor tegangan arus searah, untuk memonitoring keluaran konverter dc ke dc yang selanjutnya dibandingkan dengan besaran setpoint atau nilai referensi. Sinyal perbandingan tersebut diproses oleh mikrokontroler AT Mega 8535 untuk menghasilkan sinyal kontrol PWM Sinyal penyalan nilainya biasanya kecil sehingga tidak mampu untuk mendriver piranti Mosfet. Untuk memperkuat sinyal output PWM dari mikrokontroler dapat digunakan sebuah rangkaian gate-driver berupa rangkaian driver Totem Pole. Setelah perancangan dan pembuatan prototype selesai dikerjakan, Selanjutnya menguji kinerja prototype dengan mengukur keluaran tegangannya apakah nilai masukan konverter boost nilai yang bervariasi 13,5 volt sd 20,8 volt dapat dikendalikan agar tegangan keluaran arus searah teregulasi 24 volt.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menguji kinerja perancangan prototype konverter dc ke dc menggunakan teknologi boost converter sebagai penstabil tegangan, maka dilakukan pengujian terhadap proto type yang telah dirancang dan dibuat.

Pertama-tama melakukan Pengujian tegangan output pada panel Solar Cell yang dimulai pukul 07.00 wib sd 18.00 wib, hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan keluaran solar sel dengan kapasitas 100 WP

Tegangan keluaran solar sel	
Jam	(Volt)
07.00	16,3
07.30	16,4
08.10	17,8
08.30	17,9
09.00	15,0
09.30	19,3
09.49	19,3
11.30	19,2
12.00	19,2
13.10	19,4
13.30	13,3
14.25	20,9
15.15	18,9
15.30	20,0
16.10	19,2
16.30	18,6
17.00	17,2
17.30	16,5
18.00	13,8

Berdasarkan Hasil pengukuran tegangan keluaran pada panel Solar Cell 100 WP yang diuji mulai 07.00 wib sd 18.00 wib, menghasilkan tegangan keluaran dengan nilai bervariasi 13.3 volt sampai dengan 20,9 volt. Sehingga terjadi fluktuasi tegangan keluaran yang naik dan turun mencapai 7,6 volt. Selanjutnya melakukan Pengujian tegangan output pada panel Solar Cell yang dilengkapi penstabil tegangan berupa konverter dc ke dc teregulasi menggunakan teknologi boost converter dimulai pukul 07.00 wib sd 18.00 wib, hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Panel solar sel setelah dilengkapi penstabil tegangan menggunakan konverter dc ke dc memanfaatkan teknologi boost konverter

Jam	Tegangan keluaran solar sel (volt)	Tegangan keluaran solar sel setelah ditempatkan boost konverter (volt)
07.00	16,3	24,5
07.30	16,4	24,5
08.10	17,8	24,5
08.30	17,9	24,5
09.00	15,0	24,5
09.30	19,3	24,5
09.49	19,3	24,5
11.30	19,2	24,5
12.00	19,2	24,5
12.45	19,9	24,5
13.10	19,4	24,5
13.30	13,3	20,6
14.25	20,9	24,5
15.15	18,9	24,5
16.10	19,2	24,5
16.30	18,6	24,5
17.00	17,2	24,5
17.30	16,5	24,5
18.00	13,8	24,5

Berdasarkan Tabel 2, dapat dijelaskan bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan panel Solar Cell setelah modul panel nya ditempatkan prototype berupa konverter dc ke dc teregulasi menggunakan teknologi boost konverter, yang pengujian dimulai jam 07.00 wib sampai 18.00 wib, Tegangan keluaran yang dihasilkan boost konverter konstan sebesar 24, 5 volt.

IV. KESIMPULAN

1. Perancangan Konverter DC ke DC Untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Solar Cell Menggunakan Teknologi *Boost Converter* telah diuji kinerjanya melalui tegangan keluaran dari panel solar cell 100 WP yang nilai bervariasi dari 13,5 volt sampai 20,8 volt sebagai masukan boost converter dan menghasilkan tegangan keluaran teregulasi 24 volt.
2. Berdasar hasil pengujian prototype konverter dc ke dc menggunakan teknologi boost konverter yang telah dirancang untuk menghasilkan tegangan teregulasi 24 volt arus searah dinyatakan valid. Maksud valid disini karena tegangan keluaran masih dirange 24 volt $\pm 10\%$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Riau yang telah menjembatani untuk memperoleh pendanaan pada Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT) dan Kementerian Riset dan Teknologi Republik Indonesia selaku penyandang Dana Penelitian, sehingga terciptanya prototype sesuai yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad Shodiqin, Ahmad Yani, 2016, *Analisa Charging Time Sistem Solar Cell Menggunakan Pencari Arah Sinar Matahari Yang Dilengkapi Dengan Pemfokus Cahaya*, Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro, TURBO p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2447-250X Vol. 5 No. 1.
- [2] Rinaldi Simanullang, Arif Gunawan, Cyntia Widiasari, 2012, *Pengaturan Pergerakan Solar Cell Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari (Mikrokontroler, Mekanik dan Transceiver*, Jurnal Aksara Elementer, Vol 1, No 2.
- [3] Surya Hasyim Asy'ari, Jatmiko, dan Angga, 2012, *Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya*,., Simposium Nasional RAPI XI FT UMS – 2012, ISSN : 1412-9612.

